med 124

Zelm

1961

BIBLIOTHÈQUE
LEIPZIG

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg
am: 3. 11. 1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Dekan: Professor Dr. G. Matoltsy
Referent: Doz. Dr. Pieß
Korreferent: Prof. D. Krauspe

Aus dem Pathologischen Institut
der Universität Hamburg

Direktor: Professor Dr. med. C. K r a u s p e

Untersuchungen über die Farbstoffpermeabilität des menschlichen Zahnschmelzes.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Vorgelegt von
Hans-Dieter Rudolf Z e l m
Zahnarzt aus Riga

Hamburg 1961

Inhaltsverzeichnis

Seite

Einleitung

a) Allgemeine Betrachtung zum Transport korpuskulärer Elemente in den Zahnhartsubstanzen . . 1

b) Art und Herkunft des Materials 1

Material und Methodik 5

Ergebnisse 7

Diskussion

a) Literaturergebnisse über die Permeabilität im Dentin und Schmelz 13

b) Farbstoffverteilung in den untersuchten Präparaten unter Berücksichtigung der Permeabilität im Dentin und Schmelz 17

Zusammenfassung 21

Literaturverzeichnis 23

Nachwort 26

Lebenslauf 27

Einleitung

In den letzten Jahren sind viele Veröffentlichungen über die Zahnhartsubstanzen erschienen, von denen sich ein großer Teil besonders mit der Permeabilität des Schmelzes und des Dentins befaßt. Um diese zu prüfen wurden in einigen Fällen organische Farbstoffe verwendet (Fish 1933, zit. n. Leicester 1949), meistenteils jedoch anorganische Ionen. Was die organischen Farbstoffe anbetrifft, so meint Leicester (1949), lassen die Methoden und Schlußfolgerungen bei diesen Experimenten eine Menge Zweifel offen. Obwohl es einigen Experimentatoren gelungen ist (Fish 1933, zit. n. Leicester 1949), den Schmelz mit Farbstoffen zu durchdringen, so läßt doch die Größe der Moleküle der meisten organischen Farben diese Methode nicht sehr brauchbar erscheinen. Die Durchdringung des Dentins entlang den Tubuli ist wesentlich leichter und ist wiederholt demonstriert worden.

Die Frage der Permeabilität des Schmelzes für anorganische Ionen und letztlich sein Verhalten als semipermeable Membran, die osmotische Effekte aufweist, ist in vielen Fällen untersucht worden.

Die schwarzgefärbten Zähne, die in unserer Arbeit untersucht wurden, erhielten wir freundlicherweise von Herrn Professor Gräff. Sie stammen aus der Sammlung von Herrn Professor Imagawa (Direktor der Klinik für konser-

vierende Zahnheilkunde der Universität Tokio), der sie Herrn Professor Uchida (Direktor des Cooperative Hospital Nakano-ku Tokio) überlassen hatte. Von diesem erhielt Herr Professor Gräff das Material. Nach Angabe von Herrn Professor Imagawa sollen die schwarzgefärbten Zähne aus Indonesien stammen.

Georg Buschau berichtet in seinem Buch "Über Medizinzauber und Heilkunst im Leben der Völker" (Berlin 1941) folgendes: "Das Schwarzfärben der Zähne kommt bei den Batak, Dajah und anderen malaischen Stämmen vor, sowie bei den Anamiten, den Nikobaresen, früher auch bei den Japanern und schließlich auch bei den Karaiben und einigen südamerikanischen Stämmen. - Das Färben geschieht entweder durch Einreiben mit dem Saft bestimmter Blätter oder durch Auflegen einer bestimmten Paste, die man in einer wurstähnlichen kleinen Rolle nachts zwischen Lippen und Zähne schiebt und einige Zeit liegen läßt. Nach Ablauf dieser Prozeduren wird den geschwärzten Zähnen mit pulverisierter Kohle aus gebrannter Kokosnusschale noch Glanz verliehen." Oft entstanden die schwarzen Zähne jedoch nur durch das Kauen von Betel, bestehend aus Blättern des Betelpfeffers, Arekanüssen und Kalk. Da sich nur frische Betelblätter zum Kauen eignen, konnte sich das Betelkauen nur in Gegenden verbreiten, in denen Betel gedeiht. Im Westen ist das Verbreitungsgebiet des Betelkauens begrenzt von einer Linie, die die Indusmündung mit dem ostafrikanischen Küstengebiet

um Sansibar verbindet, im Osten durch den 180. Grad östlicher Länge. Die Nordgrenze verläuft vom Indus ins südliche China, bis an den Jangtse und von dort in die Südsee; die Südgrenze von der ostafrikanischen Küste und Madagaskar nach der malaischen Inselwelt. Von da zieht sie sich durch die Torresstraße und schließt vor Erreichen des 180. Längengrades noch die Fidschiinseln ein.

Über die Gewohnheiten in Japan sandte uns Professor Uchida folgende Anhaltspunkte, die er aus der Encyclopaedie von Heibon-Shya entnommen hat. Es handelt sich um Zähne japanischer Frauen. Es ist bekannt, daß bereits in der "Jo-Dai"-Periode der japanischen Geschichte, die um 660 v. Chr. beginnt und bis ungefähr 330 n. Chr. reicht, die japanischen Frauen die Angewohnheit hatten, sich ihre Zähne mit einem Farbstoff zu schwärzen, auf den weiter unten noch eingegangen wird. Diese schwarzen Zähne, "Ohaguro" genannt, entsprachen wohl über eine lange Zeit einem weiblichen Schönheitsideal, das in einzelnen Abschnitten der Geschichte, entsprechend der kulturellen und soziologischen Entwicklung der Bevölkerung, von verschiedenen Gesellschaftsschichten angewandt wurde. In der "Heian"-Zeit von 794 bis 1192 n. Chr. war diese Maßnahme, besonders im Adelsstand und dort sogar bei Mädchen vom 8. oder 9. Lebensjahr an, sehr beliebt. In späteren Zeiten färbten sich nur die Frauen der Ritterklasse die Zähne schwarz (Samurai--Zeit = 1338 - 1573). In der "Edo-Zeit" (1603 - 1867)

wurde dieser Brauch auch vom Bürgertum übernommen und galt besonders bei Mädchen, wenn sie siebzehn oder achtzehn Jahre alt wurden, als Symbol der Mannbarkeit. Man bezeichnete das als "17-Ohaguro" oder " 18-Ohaguro". Auf der Insel Yaku-Shima in Südjapan (Provinz Kagoshima-Ken) erlaubte man dem Mädchen, das sich als Zeichen des heiratsfähigen Alters die Zähne gefärbt hatte, öffentlich dem ihr bestimmten jungen Mann Gesellschaft zu leisten. Seit der "Meiji"-Zeit (1867 - 1910) ist der Brauch gesetzlich verboten worden, so daß man heutzutage nur noch in sehr ländlichen und abgelegenen Gegenden Japans einige alte Frauen mit schwarzen Zähnen antrifft.

Die Herstellung des Farbstoffes wurde üblicherweise so gehandhabt, daß man verrostete Eisenspäne brannte und in konzentriertes Teewasser warf. Nach Zusatz von Reisbrei, Reiswein und Reisgallert ließ man die so entstandene kolloidale Lösung gären. Diese Substanz wurde auf die Zähne aufgetragen. Zur Fixierung benutzte man Galläpfelpulver. Der Hauptbestandteil, ein essigsaures Ferrosalz, verbindet sich mit der in den Galläpfeln enthaltenen Tanninsäure und nach Oxydation an der Luft entsteht ein Tanninsäure-Ferrisalz, das als schwarzer Farbstoff imponiert. Er wird als "Kane" bezeichnet und fand noch bis vor kurzem beim Färben von Baumwolle und Seide sowie bei der Herstellung von schwarzer Tinte Verwendung. Es war in Japan üblich, jeden Morgen, zusammen mit der sonstigen Morgentoilette, die Zähne zu schwärzen.

Material und Methodik

Zwölf nicht kariöse Zähne, die wir in trockenem Zustand erhielten, wurden für einige Tage in Formol fixiert und danach mit einer Karborundscheibe unter dauernder Kühlung mit Wasser in ca. 1 bis 1 1/2 mm dicke Scheiben geschnitten. Anschließend wurde die Hälfte der Scheiben entkalkt und nach Paraffineinbettung mit dem Mikrotom geschnitten; die andere Hälfte wurde mit durch einen Leinenlappen durchgesiebtem, feinem Bimssteinpulver unter Wasserzusatz auf einer Marmorplatte geschliffen, wobei ihre Stärke ständig unter dem Mikroskop geprüft wurde. Der Schleifstaub wurde anschließend soweit wie möglich mit destilliertem Wasser abgewaschen. Zwei der neun von zwölf Zähnen verbliebenen Schliffe wurden danach lufttrocken mit Caedax eingedeckt. Zwei weitere Schliffe wurden 3 1/2 Minuten mit 5%iger Salzsäurelösung teilweise entkalkt. Darauf wurden sie, wie die restlichen Präparate, in Alkohol entwässert, mit Xylol aufgehellt und mit Caedax eingedeckt. Ein Schliff wurde anschließend wieder abgelöst und von ihm eine Eisenfärbung (Turnbull-Reaktion) angefertigt, wobei jedoch die Schmelzpartien durch die hierbei notwendige Salzsäurebehandlung zerstört wurden.

Eine Schliffveraschung konnte wohl wegen der zu großen Dicke der Schliffe mit den uns zur Verfügung stehenden Methoden nicht erfolgreich durchgeführt werden.

Von den nach Paraffineinbettung entkalkten Schnitten

wurden folgende Färbungen angefertigt: Hämatoxylin-Eosin, Gram- und Eisenfärbung (Turnbull-Reaktion), Hotchkiss-, Astrablau-Hotchkiss- und Astrablau-van Gieson Färbung.

Ergebnisse

Bei der makroskopischen Untersuchung ist der größte Teil der schmelzbedeckten Krone bei allen Zähnen gleichmäßig schwarz gefärbt. Man hat den Eindruck, daß die schwarze Farbe als feinkörnig aufgerauhter Belag dem Schmelz aufgelagert ist und fest anhaftet. Bei drei Zähnen ergeben sich kleinere und größere Abrasionen der Kaufläche. An diesen Stellen fehlt die Schwarzfärbung. Gröbere kariöse Bezirke lassen sich makroskopisch an keinem Zahn nachweisen.

Die ca. 1 mm dicken Zahnscheiben zeigen auf dem Längsschnitt eine schwärzliche Verfärbung des Schmelzes an den Stellen, an denen die schwarze Kruste in stärkerer Dicke der Zahnoberfläche aufliegt. Die Färbung beschränkt sich aber auf die peripheren Schmelzschichten und ist an keinem Präparat bis zur Schmelz-Dentingrenze oder bis in das Dentin hinein zu verfolgen (Abb. 1).

Bei der lichtmikroskopischen Untersuchung der ca. 20 - 40 μ dicken Schliffe erkennt man eine unregelmäßig dicke, schwarze homogene Kruste, die dem Schmelz aufgelagert ist, stellenweise aber wohl durch die Präparation abgesprungen ist. Im allgemeinen besteht eine scharfe Grenze zwischen der Schmelzoberfläche und der schwarzen "Kruste", in der sich keine Schmelzstrukturen nachweisen lassen. Doch ist in dickeren Schliffen stellenweise eine nach der Tiefe zu abnehmende homogene bräunliche Verfärbung der obersten Schmelzregionen

nachzuweisen.

In keinem der neun Schliffe ist eine Zerstörung der normalen Schmelzstruktur vorhanden. Doch finden sich in der interprismatischen Substanz in unterschiedlichem Grade feinkörnige Einlagerungen von bräunlicher Farbe, die auch im Phasenkontrastfeld deutlich hervortreten (Abb. 2). Gleichartige Veränderungen zeigen aber auch die beiden Vergleichsschliffe, allerdings in geringerer Intensität.

Am Dentinmantel ergibt sich in den Schliffen eine unterschiedlich starke Luftfüllung der Dentinkanälchen. Die Luftsäulen sind stellenweise unterbrochen, setzen sich aber auch in die Aufzweigungen der Dentinkanälchen fort, besonders im Bereiche der Schmelz-Dentingrenze. Andere Dentinkanälchen enthalten dunkelgefärbte feingekörnte, etwas lichtglänzende Einlagerungen, die auch im Phasenkontrast erkennbar sind (Abb. 3). Auch in den Vergleichsschliffen finden sich zahlreiche Lufteinschlüsse. Ob die dunkel erscheinenden feinkörnigen Einlagerungen ebenfalls in den Normalschliffen auftreten, läßt sich nicht mit Bestimmtheit aussagen.

Bei der Betrachtung des nach Turnbull gefärbten Schliffes, bei dem, wie oben schon erwähnt, die Schmelzpartien durch die notwendige Salzsäurebehandlung zerstört sind, kann man, neben oberflächlichen Verunreinigungen, die wohl durch das Schleifen zustandegekommen sind, in den schräg und längs getroffenen Dentinkanälchen blaue,

feinstkörnige Einlagerungen erkennen, die zu säulenförmigen Gebilden zusammengeflossen sind (Abb. 4). Diese liegen in einer peripheren Schicht des Dentin und stehen in keiner unmittelbaren Verbindung mit dem Pulpencavum.

Die lichtmikroskopische Auswertung der Schnitte, die vorher entkalkt wurden, ergaben bei der Hämatoxylin-Eosin-, der Gram- und Eisenfärbung (Turnbull-Reaktion) einen negativen Befund. Betrachtet man die nach Hotchkiss und Astrablau-Hotchkiss gefärbten Schnitte unter Ölimmersion im Lichtmikroskop, so erkennt man bei zwei Schnitten in den peripheren Kanälchen des Kronendentins bräunliches Material, das in Form von homogenen Zylindern abgelagert ist (Abb. 5).

In dem nach Astrablau-van Gieson gefärbten Schnitt treten an den korrespondierenden Stellen in der Peripherie des Kronendentins die gleichen Strukturen in den Dentinkanälchen auf und zwar homogene zylinderische Einlagerungen, die in diesem Fall jedoch gering blau gefärbt sind.

Abb. 1: Schliff IV
links oben 4 Hellfeld,
30fache Vergr.
Schmelzfissur und Schmelzoberfläche mit Farbstoff bedeckt, im Dentinmantel Brechungseffekte.

Abb. 2: Schliff IX
links oben 2
Schmelz.
Oben: Hellfeld 1100fache Vergr. Farbstoffauflagerung auf der Schmelzoberfläche. Feine Granula in der interprismatischen Substanz.
Unten: Phako 150fache Vergr. Granula in der interprismatischen Substanz des Schmelzes.

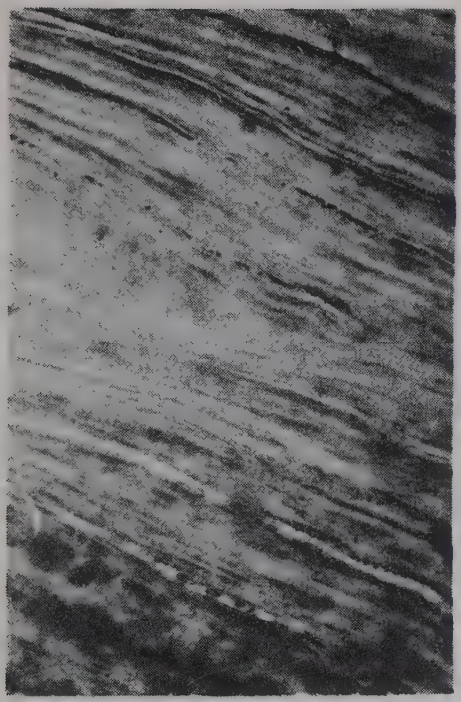

Abb. 3: Schliff IX links oben 2, 1500fache Vergr. Dunkle Granula in den Kanälchen des Kronendentins, oben im Hellfeld, unten im Phasenkontrast.

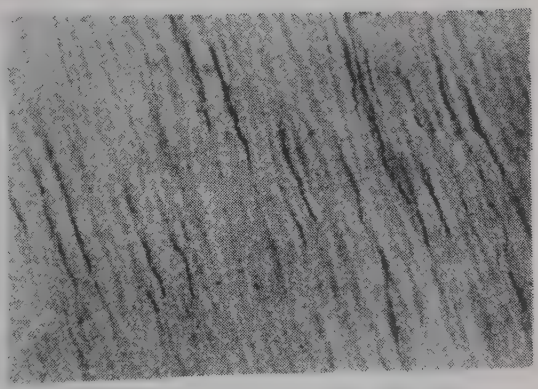

Abb. 4: Schliff X links oben 2, 550fache Vergr. Feinkörnige Eisenreaktion (Turnbullfärbung) in Säulenform in den Dentinkanälchen der Krone.

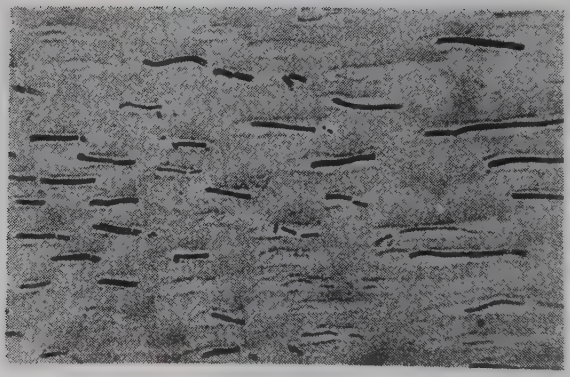

Abb. 5: Zahnschnitt II, rechts unten 6, Hotchkiss-Färbg. 550fache Vergr. Homogene Substanz mit bräunlicher Eigenfarbe in den Dentinkanälchen der Peripherie des Kronendentins.

Diskussion

Die Untersuchungen an unserem Material lassen Befunde erkennen, die zu bereits veröffentlichten Ergebnissen nicht unbedingt in Widerspruch stehen. Die meisten Arbeiten befassen sich mit der Möglichkeit der Permeabilität von anorganischen Ionen. Es gelang den Autoren durch verschiedene experimentelle Methoden das Eindringen von anorganischen Ionen in den Schmelz, das Dentin und das Zement nachzuweisen.

Klein und Amberson (1929) zeigten in einer Arbeit ein geringes osmotisches Gefälle im Schmelz auf, und Begelmann (1930) maß das Leistungsvermögen auf jeder Seite einer als Membran figurierenden Schmelzschicht. Dabei zeigte er, daß Zähne von Menschen, Hunden und Kälbern permeabel für Wasser, Kaliumchlorid, Natriumchlorid und etwas geringer für Calciumchlorid sind.

Applebaum (1931) wies nach, daß unter Einwirkung von elektrischem Strom, durch Kataphorese, anorganische Salze durch den Schmelz getrieben werden können.

Manly und Levy (1939) beobachteten die Adsorption von radioaktivem Phosphor, Fluor und Strontium durch Hartstrukturen. Die Adsorptionskapazität des Knochens war am größten, es folgten Dentin und Schmelz.

Volker und Sognnaes (1941) maßen die Konzentration von radioaktivem Phosphor im Schmelz und Dentin von Katzen.

Diese Substanzen untersuchten sie zwischen dem ersten und neunten Tag nach Verabfolgung des Testmaterials durch eine Magensonde. Schmelz enthielt nur ein Zehntel des radioaktiven Phosphors, der im Dentin enthalten war, und das Wurzeldentin enthielt gegenüber dem Koronardentin die doppelte Menge.

Barnum und Armstrong (1942) bedeckten verschiedene Teile des Zahnes mit Kollodium und legten Zähne für fünf Tage in eine Lösung von P^{32}. Dabei stellten sie fest, daß ein relativ großer Betrag von radioaktivem Phosphor durch das Zement diffundierte, daß jedoch nur Spuren den Schmelz durchdrangen.

Wassermann und Mitarbeiter (1941) benutzten bei ihren Experimenten Zähne, bei denen sie entweder die Pulpa entfernten und durch eine Wurzelfüllung ersetzten oder die Pulpa soweit frei präparierten, bis kleine Haemorrhagien sichtbar wurden, die mit Zinkoxyd-Eugenol überkappt und mit Zement verschlossen wurden. Beide Arten von Zähnen wurden mit Metallkappen gegen den Speichel geschützt, wobei jedoch die Zement-Dentingrenze freiblieb. Sie zeigten, daß ein Zehntel des Phosphors, der von normalen Zähnen in vierundzwanzig Stunden aufgenommen wird, einen pulpenlosen Zahn durch das Zement erreicht. Auch wenn ein Zahn mit einer undurchlässigen Krone bedeckt ist, nimmt der Schmelz den normalen Teil von radioaktivem Phosphor auf. Deshalb meinen die Verfasser, daß der Phosphoranteil, der durch den Schmelz

vom Speichel her resorbiert wird, bedeutungslos ist gegenüber dem, der auch von pulpenlosen Zähnen über das Dentin aufgenommen wird.

Blayney und Mitarbeiter (1941) führten Versuche aus, bei denen Patienten angehalten wurden, einige Minuten vor Extraktion eines Zahnes ein Mundwasser mit radioaktivem Phosphor zu gebrauchen. Das Ergebnis zeigte nur Spuren dieses Elementes im Schmelz gesunder Zähne, ohne daß es ins Dentin einzudringen vermochte. Lediglich bei kariösen Zähnen mit freiliegendem Dentin drang der radioaktive Phosphor in wahrnehmbaren Mengen in das Dentin ein.

Atkinson (1947, zit. n. Leicester 1949) bewies mit feineren Methoden als seine Vorgänger, daß Schmelz als eine permeable Membran für anorganische Ionen von kleinem Umfang auftritt und als semipermeable Membran für Lösungen von Farbstoffen mit großen Molekülen. Er meint, daß die organische Matrix des Schmelzes die Passage ermöglicht, daß diese Eigenschaft jedoch mit zunehmendem Alter abnimmt, wie er an Hand einer Reihenuntersuchung an Patienten im Alter von 7 bis 73 Jahren zeigt. Er stellt fest, daß Chlor Ionen 15 bis 37 Tage brauchen, um Schmelz zu durchdringen.

Isokawa (1960) wies an Hand von Tusche nach, daß im Dentin die Dentinkanälchen die praeformierten Bahnen für korpuskuläre Elemente darstellen. Die einzelnen Tuschepartikelchen, so sagt er, passieren die Dentinkanälchen zwischen den Tomes'schen Fasern und der Wand des Kanals.

Bevelander und Ambler (1945), die ihre Untersuchungen mit radioaktivem Phosphor machten, weisen darauf hin, daß besonders die Zement-Dentingrenze für Mineralien durchlässig ist, daß aber auch geringe Spuren von Mineralien vom Speichel her im Schmelz aufgenommen werden.

Bartelstone (1949) stellt heraus, daß radioaktives Jod Schmelz, Dentin und Zement diffus durchsetzen kann, wobei es sich jedoch um teilweise abradierte und minderverkalkte Bezirke handelt.

Sognnaes und Mitarbeiter (1952) bestätigten das und zeigten an Affenmolaren, daß H^3 ebenso von der Oberfläche aus in die Hartsubstanz eindringt.

S. Gräff (1961) meint, daß im Odonton ein ständiger Saftstrom in Richtung Schmelz und umgekehrt in Richtung Pulpa und darüber hinaus abläuft, der einen Hinweis auf die Regelung des Stoffwechsels der Hartsubstanzen der Krone des Zahnes gibt. Er zeigt, daß im Dentin ein Resorptionsvorgang in peripetaler Richtung stattfindet bei allgemeiner Argyrose, bei Pulpablutungen, bei allgemeiner Lipaemie oder Fettembolie, bei Einschwemmung von Fluor und ebenso bei Resorption von braunen Anteilen einer Wurzelfüllung nach Albrecht. Umgekehrt,nach Auflösung des Kalkes der Schmelzprismen, nicht nur durch auflösende Reize der Karies, sondern auch durch solche, die haematogen vermittelt werden, kommt es zu Kalkausschwemmungen in die Saftbahnen der Dentinkanälchen in zentripetaler

Richtung. Ebenso soll auch nach Gräff bei starker Abkauung ein Fettransport in den Dentinkanälchen in zentripetaler Richtung stattfinden.

Bei unseren Zahnpräparaten ergab sich makroskopisch ein feinkörniger, "rauher", schwarzer Belag des Schmelzes. An den groben Zahnscheiben hatte man den Eindruck, daß die peripheren Schmelzschichten diffus von dem Farbstoff durchtränkt waren. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe war diese homogene Verfärbung nicht mehr so ausgesprochen nachzuweisen. Doch fanden sich noch deutlich Auflagerungen einer homogenen, schwarzen Farbmasse mit unregelmäßiger Oberfläche, die offenbar mit der makroskopisch zu beobachtenden körnigen Beschaffenheit des Belages korrespondiert. Da die Zähne makro- wie mikroskopisch frei von Karies waren, scheidet die Möglichkeit eines Farbstoffeintrittes durch kariöse Bezirke aus. Auch ist unwahrscheinlich, daß durch einen stark sauren p^H der Farbsubstanzen die Oberfläche des Schmelzes zerstört und dadurch ein Eindringen des Farbstoffes ermöglicht wurde; denn der Schmelz zeigte in den Schliffen eine völlig gleichmäßige Struktur ohne Auftreten von "Lamellen-" und "Büschel-" Bildern, die von einigen Autoren, insbesondere von Gräff sowie Rheinwald und Stehle zu den Artefakten gerechnet werden.

Durch Vermittlung von Herrn Professor Dr. Krauspe überließ uns freundlicherweise Herr Professor Dr. Meyer, Direktor der

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Göttingen, zehn normale Vergleichsschliffe. An diesen Präparaten finden sich im Bereich kariöser Schmelzveränderungen gleichfalls bräunlich schwärzliche Verfärbungen der oberen Schmelzschichten. Die an unseren Präparaten beobachteten krustenförmigen Farbstoffauflagerungen auf der intakten Schmelzoberfläche konnten wir aber nur in einem dieser zehn Vergleichsschliffe in geringem Maße feststellen. Wir möchten annehmen, daß es sich dabei gleichfalls um einen (durch Genußmittel z. B. Tabak oder Tee bedingten) Zahnbelag handelt.

Große Vorsicht ist bei der Deutung feinstkörniger Ablagerungen in der interprismatischen Substanz an den schwarzen Zähnen geboten. Denn die gleichen Veränderungen finden wir in den eigenen und in den uns zum Vergleich überlassenen Normalschliffen. Das Gleiche gilt für die feinstkörnigen, dunkelen Einlagerungen in den Dentinkanälchen.

Eine sichere Deutung ist auch bei dem Schliff, an dem wir einen Eisennachweis mit der Turnbull-Reaktion durchführten, nicht möglich. Die hier auftretenden blauen, feinstkörnigen Einlagerungen in den Dentinkanälchen könnten durch Schleifstaub bedingt sein. Eine andere Deutungsmöglichkeit wäre, daß es sich hier um eine intravital bedingte Speicherung eines eisenhaltigen Stoffes handelt. An dem analogen, entkalkten Schnittpräparat dieses Zahnes und an

den anderen entkalkten Zahnschnitten fiel die Eisenfärbung negativ aus. Doch ist dabei zu berücksichtigen, daß vorhandenes Eisen bei der lange dauernden Entkalkung herausgelöst wird. Unser Versuch, die Einlagerung von eisenhaltigen (Farbstoff?-) Teilchen durch eine Schliffveraschung nachzuweisen, verlief aus technischen Gründen ergebnislos.

In zwei weiteren entkalkten Zahnschnitten fanden wir in den peripheren Abschnitten des Kronendentins Ablagerungen vonnhomogener Substanz mit bräunlicher Eigenfarbe in den Dentinkanälchen. Diese Substanz ergab mit der Astrablau-van Gieson-Färbung eine Blaufärbung. Mit dieser Reaktion werden saure Mucopolysaccharide nachgewiesen (Pioch, Gedigk). Da nach Gedigk die bräunliche Trägersubstanz für gespeichertes Eisen (Hämosiderin) saure Mucopolysaccharide enthält, könnte man annehmen, daß es sich bei der Substanz in den Dentinkanälchen dieser beiden Zähne um eine von den Tomes'schen Fasern gebildete organische Trägersubstanz handelt. Die Möglichkeit, daß hier eine retrograde Resorption von Blutungseisen (Pulpablutung) erfolgte, ist bei der peripheren Lage der homogenen Substanz lediglich im Kronendentin unwahrscheinlich. Möglicherweise korrespondiert dieser Befund mit dem oben erwähnten Eisennachweis in den Dentinkanälchen im Schliffpräparat eines weiteren Zahnes.

Die Deutung der positiven Eisenreaktion bzw. des Nachweises einer bräunlichen Matrix, die saure Mucopolysaccharide enthält, wird noch dadurch erschwert, daß die Farbstoff-

zusammensetzung unbekannt ist. Sicher ist nur, daß der in Japan früher verwendete Zahnfarbstoff (Kane) eisenhaltig ist. Die Tatsache, daß wir nur in drei Zähnen vage Hinweise auf eine Resorption von Eisen in die Dentinkanälchen finden, könnte darauf beruhen, daß die uns überlassenen schwarzen Zähne zum Teil von einer indonesischen Insel (Betel-Farbstoff), zum anderen Teil aus Japan (eisenhaltige Kane) stammen.

In Übereinstimmung mit anderen Autoren (Übersicht bei Leicester 1949) müssen wir auf Grund unserer Untersuchungen feststellen, daß der Nachweis einer Farbstoffresorption durch den intakten Schmelzmantel in das Dentin methodisch außerordentlich schwer zu führen ist. An den uns überlassenen Zähnen kommt erschwerend hinzu, daß keine Fixation erfolgte, sodaß ein eventueller Farbstoffnachweis in der Zahnpulpa nicht mehr möglich war.

Doch möchten wir vermuten, daß die Ablagerung einer homogenen Substanz in den Dentinkanälchen, die bräunliche Eigenfarbe und positive Reaktion auf saure Mucopolysaccharide ergibt, bzw. der positive Eisennachweis in den Dentinkanälchen eines Zahnschliffes Hinweise darauf sind, daß grundsätzlich eine Penetration des intakten Schmelzes durch einen eisenhaltigen Farbstoff bis in den Dentinmantel hinein möglich ist. Eine diffuse Penetration des Farbstoffes in die oberflächlichen Schmelzschichten ist insbesondere nach dem makroskopischen Befund mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Zusammenfassung

Von zwölf schwarzgefärbten menschlichen Zähnen, die aus Japan bzw. dem indonesischen Raum stammen, wurden entkalkte Schnittpräparate und insgesamt neun Dünnschliffe angefertigt und mit zwei eigenen sowie zehn weiteren Normalschliffen verglichen, die wir freundlicherweise von Herrn Professor Dr. Meyer, Göttingen, zur Ansicht erhielten.

Makroskopisch gab sich an den zwölf gefärbten Zähnen ein feinkörniger, rauher, festanhaftender Belag der schmelzbedeckten Krone, der lediglich an einigen Abrasionsstellen fehlte. Kariöse Veränderungen waren nicht nachzuweisen.

Auf Scheibenschnitten durch die Zähne war ein homogenes Eindringen des Farbstoffes in die oberflächlichen Schmelzschichten zu erkennen.

Die mikroskopische Untersuchung der Dünnschliffe und der entkalkten Schnittpräparate ergab dagegen keine sicheren Hinweise auf eine Farbstoffpenetration der gesamten Schmelzschicht bis in das Dentin hinein.

In zwei von den insgesamt zwölf Zähnen konnten wir an den Schnitten des entkalkten Materials Einlagerungen homogener Substanz mit bräunlicher Eigenfarbe in den Dentinkanälchen des peripheren Kronendentins finden. Auf Grund des Gehaltes an sauren Mucopolysacchariden und auf Grund der Eigenfarbe könnte es sich dabei um organische Trägersubstanz für Metallionen (z. B. diffundiertes Eisen) handeln. Dieser

Befund korrespondiert möglicherweise mit einem positiven Eisennachweis in den Dentinkanälchen des Kronendentins in einem weiteren Dünnschliff. Die Entstehung dieser Befunde wird diskutiert. Eine sichere Deutung ist nicht möglich. Doch erlauben unsere Ergebnisse bis zu einem gewissen Grade die Vermutung, daß bei genügend langer Exposition der intakte Schmelz von Teilchen eines (eisenhaltigen?) Farbstoffes diffundiert werden kann.

Literaturverzeichnis

Applebaum, E.
Concerning the Permeability of human enamel.
J. Dent. Res. 11, 611 (1931)

Atkinson, H. F.
An investigation into the permeability of human enamel using osmotic methods.
Brit. Dent. J. 83, 205 (1947)
zit. Leicester (1949)

Barnum, C., W. D. Armstrong
In vivo and in vitro exchange of phosphorus by enamel and dentin.
Amer. J. Physiol. 135, 478 (1942)

Bartelstone, H.
Use of radioactive jodine as a tracer in the study of the physiology of teeth.
J. Dent. Res. 28, 658 (1949)

Begelmann, I.
Die elektrische Leitfähigkeit als Methode zur Bestimmung der Permeabilität des Schmelzes.
Z. Stomatol. 28, 1058 (1930)

Bevelander, G., M.H. Ambler
Radioactive phosphate absorption by dentin and enamel.
J. Dent. Res. 24, 45 (1945)

Blake, G. C.
A method for the demonstration of diffusion pathways in enamel, dentin and cementum in intact tooth.
J. Dent. Res. 35, 961 (1956)

Blayney, J. R., F. Wassermann, D. Grötzinger, T. G. De Witt
Further studies in mineral metabolism of human teeth by use of radioactive phosphorus.
J. Dent. Res. 20, 559 (1941)

Buschau, G.
Über Medizinzauber und Heilkunst im Leben der Völker.
Oswald Arnold Verlag/Berlin 1941

Fish, E. W.
An experimental investigation of enamel, dentin and dental pulp.
John Bale sons and Danielsson, Ltd.
London 1933
zit. Leicester (1949)

Gedigk, P., G. Strauss
Zur Histochemie des Haemosiderins.
Verh. dtsch. Ges. Path. 37, 240 (1953)

Gedigk, P., G. Strauss
Zur formalen Genese der Eisenpigmente.
Virchows Arch. path. Anat. 326, 172 (1954)

Gössner, W.
Histochemischer Nachweis einer organischen Trägersubstanz im Haemosiderinpigment.
Virchows Arch. path. Anat. 323, 685 (1953)

Gräff, S.
Überholte Vorstellungen?
Negative und positive Befunde zur Histologie des Odontons.
Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 4, (1949)

Gräff, S.
Pathologische Anatomie der Zahnheilkunde
1961

Isokawa, S.
Über das Lymphsystem des Zahnes.
Z. Zellforschung 52, 140 (1960)

Klein, H., W. R. Amberson
A physico-chemical study of the structure of dental enamel.
J. Dent. Res. 9, 667 (1929)

Krüger, W.
Betel.
Ciba Zschr. Nr. 82, Bd. 7
Wehr/Baden 1957

Leicester, H. M.
The biochemistry of the teeth.
Ann. Rev. Biochem. 22, 341 (1953)

Leicester, H. M.
Biochemistry of the teeth.
St. Louis 1949

Manly, M. L., S. R. Levy
Adsorption studies in enamel, dentin and bone.
J. Amer. Chem. Soc. 61, 2588 (1939)

Pioch, W.
Über die Darstellung saurer Mucopolysaccharide mit dem Kupferphthalocyaninfarbstoff Astrablau.
Virchows Arch. path. Anat. 330, 337 (1957)

Rheinwald, U., G. Stehle
Untersuchungen zur Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes.
Stoma 2, 259 (1949)

Sognnaes, R. F., J. H. Shaw, R. Bogoroch, E. Sweeny
Preliminary studies on the diffusion of P^{32}, J^{131} and H^{3} through the teeth of Rhesus monkeys.
J. Dent. Res. 31, 483 (1952)

Thoma, K. H.
Oral pathology.
Henry Kimpton/London 1950

Volker, I. F., R. F. Sognnaes
The distribution of radioactive phosphorus in the teeth of experimental animals.
J. Dent. Res. 20, 471 (1941)

Wassermann, F., J. R. Blayney, G. Grötzinger, T. G. De W
Studies on the different pathways of exchange of minerals in the teeth with the aid of radioactive phosphorus.
J. Dent. Res. 20, 389 (1941)

Nachwort

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. C. Krauspe, Direktor des Pathologischen Institutes der Universität Hamburg, für die Überlassung eines Arbeitsplatzes.

Herrn Professor Dr. med. S. Gräff danke ich sehr für die Überlassung der Fragestellung und des Materials.

Herrn Professor Dr. med. Dr. med. dent. W. Meyer, Direktor der Zahnärztlichen Klinik und Poliklinik der Universität Göttingen, danke ich für die freundliche Überlassung von Vergleichsschliffen menschlicher Zähne und für die Beratung bei der Deutung unserer Befunde.

Herrn Privatdozent Dr. med. G. Pliess danke ich aufrichtig für die mir allezeit gewährte Unterstützung und Anleitung bei den Untersuchungen und der Abfassung der Arbeit.

Der medizinisch-technischen Assistentin Fräulein Dieckmann danke ich für die Anfertigung der Schnittfärbungen.

Lebenslauf

Am 21. Januar 1935 wurde ich als Sohn des Dipl. Landwirts Reinhard Zelm und seiner Ehefrau Ina, geb. Sieslack, in Riga/Lettland geboren. Bis zum Jahre 1939 lebten wir in der Nähe von Riga auf dem Lande, wo mein Vater Lehrer an einer deutschen Schule war. Im Rahmen der deutsch-baltischen Umsiedlung gelangten wir 1940 nach Gnesen im Warthegau. 1941 trat ich dort in die Volksschule ein. 1945 kamen wir auf der Flucht vor den Russen nach Zeven im Kreise Bremervörde. Ab April 1946 besuchte ich das humanistische Gymnasium in Stade, wo ich 1955 das Abitur ablegte. 1955 begann ich an der Universität Hamburg mit dem Studium der Zahnheilkunde, ging im Rahmen des Studentenaustausches Berlin-Bundesrepublik im S.S. 1958 an die Freie Universität Berlin, kam im W.S. 1958/59 wieder nach Hamburg, wo ich im Juni 1960 das zahnärztliche Staatsexamen bestand.